Zur Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome

Von

Emilie Flamm

(Mit 1 Tafel)

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 172 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Jänner 1922)

I. Einleitung.

Das Ziel meiner Arbeit war zu untersuchen, welches Alter im günstigsten Falle ein einer Vegetationsperiode entsprechendes Stück eines Rhizomes erreichen kann. Ferner wollte ich die etwaigen anatomischen Unterschiede in den aufeinanderfolgenden Jahrgängen prüfen, falls solche etwa auftreten sollten.

In der Literatur finden sich einige verstreute Altersangaben über Rhizome, auf die ich im Zusammenhange mit meinen Ergebnissen im speziellen Teile meiner Arbeit noch zu sprechen kommen werde. Auch sind an Rhizomen schon sekundäre Veränderungen beobachtet worden. Hollstein[1] berichtet, daß die Epidermis vieler Rhizome dikotyler Pflanzen nachträglich durch Periderm ersetzt wird. Bennecker[2] findet, daß die Rhizome vieler dikotyler Pflanzen sekundäres Dickenwachstum aufweisen, welches indes nicht immer regelmäßig mit dem Alter fortschreitet. Mougin[3] beschreibt sekundäres Dickenwachstum im Rhizom von *Convallaria majalis*, einer monokotylen Pflanze.

---

[1] Hollstein, O.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Stengel u. Rhizome von dikotylen Alpenpfl. Just's Botan. Jahrb. 1907, I. Teil, p. 127.

[2] Bennecker, E.: Zur Kenntnis des Baues, der Entwicklung u. der Inhaltsverhältn. der Ausläufer u. Rhizome. Bot. Zentralbl. 1919, p. 209.

[3] Mougin: Note sur la zone d'accroissement du *Convallaria majalis*. Bot. Zentralbl., Bd. 39, p. 194.

Das Hauptuntersuchungsmaterial, durchaus wildwachsende Pflanzen der näheren und weiteren Umgebung Wiens, umfaßt folgende Pfllanzen: *Polygonatum multiflorum, P. officinale, P. latifolium, P. verticillatum, Anthericum ramosum, Paris quadrifolia, Asarum europaeum* und *Anemone ranunculoides.* Diese Pflanzen lassen die Jahreszuwachsstücke des Rhizomes deutlich erkennen. *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* habe ich nur auf ihre anatomischen Veränderungen untersucht; eine Feststellung des Alters war nicht möglich, weil die Jahrgänge nicht deutlich abgegrenzt sind. Endlich habe ich folgende Pflanzen ausgegraben und angesehen, aber mich nicht weiter mit ihnen beschäftigt, weil ihre Rhizome keine Altersbestimmung gestatten: *Anemone hepatica, A. nemorosa, Acorus calamus, Adoxa moschatellina, Allium montanum, Angelica archangelica, Cardamine bulbifera, Cyclamen europaeum, Hypochoeris radicata, Menyanthes trifoliata, Myosotis scorpioides, Nephrodium filix mas, N. phegopteris, Oxalis acetosella, Potentilla erecta, Pulmonaria officinalis, Symphytum tuberosum, Trifolium spadiceum* und *Tussilago farfara.*

Zur Beantwortung der ersten Frage wurden zahlreiche Exemplare auf verschiedenen Standorten ausgegraben und die Anzahl der Stockwerke festgestellt, woraus sich die Lebensdauer ergibt. Um die zweite Frage zu ergründen, habe ich Quer- und Flächenschnitte aller Stockwerke eines Exemplares zum Vergleich gebracht. Auf die Morphologie der untersuchten Rhizome und ihre Anatomie im allgemeinen werde ich nicht eingehen, weil sie in der Literatur[1] genügend behandelt sind und meine Beobachtungen fast durchaus übereinstimmen. Einige abweichende Befunde sowie etliche Nebenbeobachtungen will ich am Schlusse meiner Hauptergebnisse mitteilen.

II. Eigene Untersuchungen.

A. Die Lebensdauer der untersuchten Rhizome.

In der Literatur finden sich, wie schon in der Einleitung erwähnt, vereinzelte Bemerkungen zu dieser Frage. Im folgenden will ich die vorliegenden Beobachtungen meinen Befunden gegenüberstellen.

Nach den Mitteilungen Bernátsky's[2] erhält sich der einzelne Jahrgang von *Polygonatum multiflorum* mindestens bis zu 15 Jahren

---

[1] Irmisch, Th.: Zur Morphologie der monokotyl. Knollen- u. Zwiebelgew., Berlin 1850. — Kirchner, Loew, Schröter: Lebensgesch. der Blütenpfl. Mitteleuropas. Stuttgart 1914. 21. Lief., p. 616 bis 658, und 14. Lief., p. 310. — Velenovsky, J.: Vergleichende Morphologie der Pfl., II. Teil, Prag 1907, p. 613 und p. 651 bis 655.

[2] Kirchner, Loew, Schröter: Lebensgesch. der Blütenpfl. Mitteleuropas. Stuttgart 1914, 21. Lief., p. 655.

lebendig. Ich habe ein bis ins älteste Stockwerk gesundes Exemplar mit 20 — rechnet man das jüngste mit dem Trieb für das nächste Jahr hinzu — sogar mit 21 Stockwerken ausgegraben. Das älteste Stockwerk, das zwanzigjährige, war zwar lebensfrisch, aber nicht mehr ganz vollständig; die ältesten Internodien waren durch eine natürliche Trennungsschicht bereits abgegliedert worden.

Für *P. officinale*, *P. latifolium* und *P. verticillatum* liegen meines Wissens in der Literatur keine Altersangaben vor. Nach meinen vielerorts vorgenommenen Ausgrabungen erreicht *P. officinale* ein Höchstalter von 16, *P. latifolium* von 8 und *P. verticillatum* von 17 Jahren. Unter den Polygonateen zeigt *P. latifolium* eine auffallend kürzere Lebensdauer. In den ältesten Stockwerken dieser Pflanze tritt fast immer ein zentraler Hohlgang infolge Absterbens der innersten Parenchymzellen auf; das angrenzende gesunde Parenchym schließt sich dagegen durch Periderm und Gummi ab. Derartige Veränderungen hat Jost[1] in Rhizomen als Alterserscheinungen beobachtet. In weiterer Übereinstimmung mit seinen Beobachtungen habe ich in der nächsten Umgebung des Hohlganges verstopfte Gefäße gefunden, deren Inhalt mit Phloroglucin und Salzsäure Rotfärbung gibt, ebenso die oben erwähnte gummöse Verstopfung des Parenchyms. Die Verstopfungsmassen sind wahrscheinlich eine Art Wundgummi.[2] Bei den übrigen Polygonateen wurde der zentrale Hohlgang sehr selten beobachtet.

Für *Anthericum ramosum* konnte ich in der Literatur keine Altersgrenze finden. Nach meinen Untersuchungen erreicht ein Stockwerk ein Maximum von 17 Jahren.

Paris quadrifolia kann nach Bernátsky[3] bis zu 10 Stockwerken in lebender Verbindung aufweisen, ich habe 17 Jahrgänge festgestellt.

Irmisch[4] zählte bei *Asarum europaeum* oft über 10 verschiedene Jahrgänge; ich habe maximal 14 Stockwerke angetroffen.

Über die Abgrenzung der Jahrgänge und das Alter der Stockwerke bei *Anemone ranunculoides* habe ich in der Literatur nichts gefunden. Nach meinem Dafürhalten kann man die Stockwerke zählen. Das Rhizom zeigt stellenweise starke Einschnürungen, die ich für die Grenzen der Stockwerke halte. Vorausgesetzt, daß diese Anschauung richtig ist, wird ein Rhizomstück maximal 7 Jahre alt.

---

[1] Jost, L.: Die Zerklüftung einiger Rhizome und Wurzeln. Bot. Zentralbl., Bd. 49, p. 335.

[2] Molisch, H.: Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 315.

[3] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., p. 647.

[4] Irmisch, Th.: Zur Morphologie der monokotyl. Knollen- u. Zwiebelgew. Berlin 1850, p. 181.

B. Veränderungen, welche lebensfrische Rhizomstücke mit zunehmendem Alter erleiden.

1. Veränderungen der Epidermis.

Bei den Polygonateen zeigt die makroskopische Betrachtung oft einen Unterschied in der Farbe der Kutikula. In den jüngeren Stockwerken ist diese weißlichgelb, in den älteren meist dunkelgelb gefärbt. Auch an den älteren Rhizomteilen von *Paris quadrifolia*, *Asarum europaeum*, *Anemone ranunculoides*, *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* ist diese dunklere Färbung der Kutikula zu beobachten.

Unter dem Mikroskop fallen an älteren Rhizompartien bei den Polygonateen Epidermiszellen auf, deren Lumen mit bräunlichen Einlagerungen mehr oder weniger erfüllt ist. Offenbar sind es nekrotische Zellen. Ihre Zahl nimmt mit dem Alter, wenn auch nicht regelmäßig, zu.

Bei *Majanthemum bifolium* und *Convallaria majalis* zeigen sich in manchen Epidermiszellen, die meist stärker verdickte Wände aufweisen, gelbliche oder rötliche Tropfen von kleineren oder größeren Dimensionen. Stellenweise ist das Lumen einer Epidermiszelle oder einer Gruppe solcher Zellen damit erfüllt. In letzterem Falle sind die Stellen als Flecken mit freiem Auge sichtbar. Die bezeichneten Tropfen, respektive Massen sind in kaltem und heißem Alkohol, in Äther und Schwefelkohlenstoff unlöslich. Sie werden durch Kalilauge und kalte Salzsäure nicht verändert, in kochender Salzsäure färben sich größere Massen tief braunrot bis schwärzlich. In kalter Salpetersäure schwindet die rote Farbe, aber die entfärbten Massen bleiben sichtbar. Kochende Salpetersäure führt Lösung herbei. Es dürfte sich um Sekrete handeln, die mit der Degeneration der Epidermiszellen zusammenhängen.

2. Veränderungen der Spaltöffnungen.

a) Verstopfung der Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnungen der Rhizome der untersuchten Polygonateen erfahren mehrere merkwürdige Veränderungen, die meines Wissens unbekannt sind. Ich will mit der Beschreibung der normalen Rhizomspaltöffnung beginnen. »Sie erhebt sich über die durchschnittliche Oberfläche, indem die Begleitzellen, bei *P. verticillatum* auch noch ein bis zwei benachbarte Zellen, sich schräg oder fast gerade nach aufwärts richten und in der Spitze der so zustande kommenden beträchtlichen Erhöhung Spaltöffnungen tragen.«[1] Im Querschnitt betrachtet, siehe Fig. 1, zeigen die Schließzellen stark verdickte Bauchwände, deutlich entwickelte Vorder- und Hinterhofhörnchen und darunter eine verhältnismäßig lange Atemhöhle.

Im Vorhof der Spaltöffnungen sind häufig pfropfenartige Einlagerungen von gelblichen bis bräunlichen körnigen Massen zu beobachten.

---

[1] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 21. Lief., p. 628.

Die Ausfüllungsmassen (»p«) sind in Quer- (Fig. 5, 6) und Flächenschnitten (Fig. 2) zu sehen. Zuweilen ist gleichzeitig der Hinterhof verstopft (Fig. 4, p,). Im allerjüngsten Stockwerk mit dem Trieb für das nächste Jahr ist der Vorhofpfropfen nur sehr vereinzelt zu bemerken und da nur an den älteren Internodien. An den jüngeren Internodien, vorne bei der Triebknospe, fehlen die Pfropfen. Das läßt erkennen, daß diese Pfropfen nicht aus der Zeit der Anlage der Schließzellen herrühren, wie es bei den Wachspfropfen[1] der Fall ist, sondern erst später in der ausgebildeten Spaltöffnung entstehen. In einjährigen Rhizomabschnitten sind viele Spaltöffnungen mit Pfropfen vorhanden; in zwei- und dreijährigen weisen die meisten diese Erscheinung auf und in noch älteren findet sich nur ab und zu eine Spaltöffnung mit leerem Vorhof. Vielleicht ist der Pfropfen aus diesen während der Herstellung des Schnittes herausgefallen und mithin alle Spaltöffnungen in älteren Rhizomteilen verstopft. Oft erscheinen die Vorhöfe ganz dunkel von den eingelagerten Luftbläschen. Durch Einbringen in Alkohol oder gelindes Erwärmen entweicht die Luft und die mehr gelblichen oder bräunlichen Massen werden deutlich sichtbar. Bei den Koniferen[2] und später bei einer Reihe von Pflanzenfamilien[3] sind derart aussehende Verstopfungen wachsartiger Natur beobachtet worden.

Ich war bestrebt, die stoffliche Natur der Vorhofpfropfen von *Polygonatum* festzustellen und prüfte zunächst auf Wachs.[4] Es war nicht möglich, die Pfropfen unter Wasser auszuschmelzen. Sie waren weder in kaltem, in heißem Alkohol noch in Schwefelkohlenstoff löslich. Bei Verweilen der Schnitte bis zu vier Tagen in Äther und Chloroform trat keine Lösung ein. Scharlachrot und Sudan wurden von der Kutikula, den Vorder- und Hinterhofhörnchen intensiv gespeichert, von den Pfropfen nicht. Es kann sich daher nicht um wachsartige Stoffe handeln. Bei der Widerstandsfähigkeit der Pfropfen gegen Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff und Kalilauge lag die Vermutung nahe, daß es eine Art Wundgummi[5] sein könnte. Indes geben die Pfropfen keine Holzstoffreaktion mit Phloroglucin und Salzsäure, doch scheinen sie sich in Salpetersäure teilweise zu lösen und speichern Fuchsin. In kochender Salzsäure tritt keine Veränderung ein.

Im Vorhofpfropfen liegen nicht selten dunkel gefärbte, polygonale Körperchen, die Sporen eines auf der Epidermis wuchernden Pilzes. Ganze Häufchen solcher Sporen und ausgedehnte Pilzhyphen sind auch sonst auf der Epidermis häufig sichtbar. Zuweilen hebt sich im Pfropfen eine feinkörnige, schwärzliche Masse ab. Wulff[3] hat Spaltöffnungen beobachtet, in welche Pilzhyphen eingedrungen waren, die sich den Wänden fest angeschmiegt hatten. Die äußere Atemhöhle und die Zentralspalte scheinen in diesem Falle ganz wie bei der Verstopfung mit Wachs von einer körnigen Masse erfüllt zu sein, die aber von den Lösungsmitteln für Wachs nicht angegriffen werden. Ich konnte in den Spaltöffnungen keine Pilzhyphen erkennen.

Die Pfropfen unbekannter chemischer Natur sind vermutlich ein Ausscheidungsprodukt der Schließzellen und haben wahrscheinlich die angenommene biologische Bedeutung der Wachspfropfen, nämlich die Transpiration der Spaltöffnungen herabzusetzen.

---

[1] Wilhelm, K.: Über eine Eigentümlichkeit der Spaltöffn. bei Koniferen. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., Berlin 1883, Bd. I, p. 325. — Wulff, Th.: Studien über verstopfte Spaltöffn. Öst. bot. Zeitschrift 1898, Nr. 6, p. 201.

[2] Wilhelm, K., l. c.

[3] Wulff, Th., l. c.

[4] Molisch, H.: Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 112.

[5] Molisch, H.: l. c., p. 315.

Die Schließzellen mit Vorhofpfropf sind nicht tot. Es ist mir auch an älteren Rhizomstücken noch gelungen, in derartigen Schließzellen Plasmolyse mit reinem Glyzerin, Zucker- und Salpeterlösung herbeizuführen; auch konnte ich in ihnen Stärke nachweisen. Ich wollte die Wegsamkeit der Spaltöffnungen für Luft untersuchen mit derselben Methode, welche Stahl[1] zum Nachweis der Wegsamkeit der Lenticellen anwendet. Ich befestigte ein Rhizomstück von *Polygonatum latifolium* an den kürzeren Schenkel eines U-förmig gekrümmten Glasrohres, verschloß das freie Ende mit Siegellack und tauchte die Vorrichtung bis über das zugekittete Ende in ein Gefäß mit Wasser und goß in den langen Schenkel Quecksilber. Die Luft ist nur aus Wunden entwichen. Auf Anraten des Herrn Hofrates Molisch habe ich den Versuch in der Weise abgeändert, daß ich eine Handluftpumpe zum Hindurchpressen der Luft verwendete. Es ist mir zweimal bei *P. latifolium*, und zwar nur an einjährigen Rhizomstücken gelungen, Luft hindurchzupressen, sodaß diese auf der ganzen Oberfläche hervorperlte. In einer größeren Zahl von Fällen war das Resultat ein negatives, auch bei Verwendung einjähriger Rhizomstücke. Weitere Versuche mit *P. officinale*, *multiflorum* und *verticillatum* waren durchwegs erfolglos. Der negative Ausfall setzte mich deshalb in Erstaunen, weil das Rhizomgewebe reich an mit Luft erfüllten Interzellularen ist und an jüngeren Stockwerken noch reichlichst unverstopfte Spaltöffnungen vorhanden sind, durch welche ich ein Austreten der Luft erwartet hätte.

Flächenschnitte von *Convallaria majalis* machen den Eindruck, daß die Spaltöffnungen hin und wieder derartige Pfropfen zeigen. Bei der geringen Zahl der Spaltöffnungen findet man diese verhältnismäßig selten am Querschnitt. Da mir das Material nicht in genügender Menge zur Verfügung stand, kann ich über den Bau im Querschnitt nichts Genaueres sagen.

b) Verholzung der Spaltöffnungen.

Ein Teil der Spaltöffnungen der untersuchten Polygonateen erleidet noch eine weitere Veränderung: es tritt Verholzung ein. Die unverholzten Schließzellen sind von der Farbe der umgebenden Epidermiszellen. Mit Ausnahme der kutinisierten Außenwand, der Vor- und Hinterhofhörnchen geben sie mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion. Die verholzten Schließzellen (Fig. 3, 5, 6, 7) sind kräftiger gelb bis braun gefärbt und haben stärker verdickte Wände; insbesonders sind die Bauchwände stärker verdickt, sodaß das Lumen bedeutend verkleinert ist. Es gelang mir nicht, Stärkeeinlagerungen nachzuweisen und Plasmolyse hervorzurufen. Die Wände der verholzten Schließzellen werden mit Phloroglucin und Salzsäure mehr oder weniger kräftig rot. Salzsäure allein und Joachimowitz Reagens[2] bringen diese Färbung nicht hervor. Es kann sich daher nicht um Phloroglucotannoide und auch nicht um jenen postmortalen gelben oder braunen Farbstoff handeln, der auf den Membranen und manchmal auch im Zellinhalt der Schließzellen etwas gelber Blätter von *Musa Cavendishii*[3] abgesetzt wird; dieser gibt mit Säuren rote Reaktion. Anilinsulfat eignet sich infolge bereits vorhandener Gelbfärbung nicht als Reagens. Mit kalter Orcin-Salzsäure, welche ich zuweilen anwendete, trat Violettfärbung ein.

---

[1] Stahl: Entwicklungsgesch. u. Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeitg., Leipzig 1873, 31. Jg., p. 613.

[2] Joachimowitz, M.: Ein neues Reagens auf Phloroglucin, Catechin und ihre Derivate. Biochem. Zeitschr., 82. Bd., p. 324 bis 358.

[3] Harmorak, N.: Beiträge zur Mikrochemie des Spaltöffnungsapparates. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 124. Bd., 6. u. 7. Heft.

Verholzte Spaltöffnungen sind auch bei den Koniferen,[1] Cycadeen,[2] Lycopodiaceen,[4] bei *Camellia japonica*,[3] *Pandanus*[1] und *Thea*[4] nachgewiesen worden.

Bei *Polygonatum* verholzen indes nicht alle Spaltöffnungen. Auf den jüngsten Internodien des jüngsten Stockwerkes findet man überhaupt keine verholzten. Auf den ältesten Internodien dieses jüngsten Stockwerkes tritt hie und da eine verholzte Spaltöffnung auf, die auf Phloroglucin und Salzsäure reagiert. Mit fortschreitendem Alter verholzen immer mehr Spaltöffnungen, sodaß die verholzten die unverholzten schließlich an Zahl übertreffen. Was die Verteilung der verholzten Spaltöffnungen anlangt, so konnte ich keine Abhängigkeit beobachten; sie finden sich oben, unten und seitlich am Rhizom; allerdings sind manche Schnitte vom selben Stockwerk reicher, andere wieder ärmer an verholzten Spaltöffnungen. Im ältesten Stockwerke einer Rhizomkette, auch in dem zwanzigjährigen von *P. multiflorum*, habe ich noch immer etliche unverholzte Spaltöffnungen vorgefunden. Es treten mithin gleichzeitig nebeneinander verholzte und unverholzte Schließzellen auf, die sich auch dadurch unterscheiden, daß erstere dickere Wände und ein engeres Lumen haben und stärkefrei sind. Es besteht mithin ein Dimorphismus der Spaltöffnungen, wie er bisher nur bei *Pandanus*[4] beobachtet worden ist. Der Dimorphismus kommt besonders in Flächenschnitten stark zum Ausdruck. Man vergleiche die unverholzten Schließzellen in Fig. 2 mit den verholzten in Fig. 8, 9. Die morphologische Verschiedenheit wird durch die Veränderungen, welche die benachbarten Epidermiszellen der verholzten Schließzellen gleichzeitig erfahren, noch erhöht. Auf diese Veränderungen soll im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden. Die Vorhofpfropfen, welche in den unverholzten Spaltöffnungen beschrieben worden sind, kann man auch vielfach in den verholzten beobachten. Dort, wo sie fehlen, wie in Fig. 7, sind sie wahrscheinlich erst bei der Präparation herausgefallen.

Auch einige Schließzellen des Rhizomes von *Convallaria majalis* erleiden Veränderungen mit zunehmendem Alter. In jungen Rhizomteilen sind sie hellgelb wie die Kutikula gefärbt. Auf älteren Rhizomteilen finden sich neben derartigen unveränderten Schließzellen auch solche, welche auffallend dickwandiger, ferner leuchtend gelb, braun oder rötlich gefärbt sind. Oft sind auch die angrenzenden Epidermiszellen dickwandig und ebenso gefärbt. Der Farbstoff scheint nicht nur in den Wänden, sondern auch im Zellinhalt aufzutreten. Die gelben Schließzellen geben

---

[1] Mahlert: Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Laubbl. der Koniferen mit bes. Berücksicht. des Spaltöffn. App., Bot. Zentralbl. 1885, 24. Bd., p. 54.

[2] Karzel, R.: Die Verholzung der Spaltöffn. bei Cycadeen. Wiesner Festschr., Wien 1908, p. 510.

[3] Heilbronn, M.: Die Spaltöffn. von *Camellia japonica*. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 34. Bd., p. 22.

[4] Kofler, J.: Der Dimorphismus der Spaltöffn. bei *Pandanus*. Öst. bot. Zeitschr. Wien 1918, p. 186 bis 195.

mit Phloroglucin und Salzsäure keine Reaktion, die bräunlichen oder rötlichen färben sich meist kräftig rot. Sonst zeigen letztere das gleiche chemische Verhalten wie jene gelben und roten Massen in manchen Epidermiszellen, worüber im Abschnitt »1« berichtet worden ist. So wie bei diesen scheint es sich auch bei den Schließzellen um Absterbeerscheinungen zu handeln.

c) Verstopfung der Atemhöhle.

Die Spaltöffnungen von *P. officinale, multiflorum, latifolium* und *verticillatum* (Fig. 1) zeichnen sich, wie schon früher erwähnt, durch eine lange Atemhöhle aus. Fig. 5 zeigt eine verholzte Spaltöffnung von *P. verticillatum* mit verkleinerter Atemhöhle »*a*«. Der untere Teil der Atemhöhle ist durch die Teilungstätigkeit der angrenzenden Parenchymzellen verschwunden. In Fig. 6 ist die Atemhöhle »*a*« noch mehr verkleinert. Die nächst angrenzenden Parenchymzellen haben sich papillenartig »*l*« gegen die Schließzellen vorgewölbt. Auch die linke Nebenzelle zeigt eine derartige papillenartige Vorstülpung »l_1«, die ebenfalls zu einer Verkleinerung der Atemhöhle beigetragen hat. In Fig. 7 ist die Atemhöhle verschwunden; sie ist durch die hineingewachsenen Parenchymzellen verstopft worden. Bei den untersuchten Arten wird die Atemhöhle unter den verholzten Schließzellen hauptsächlich durch die hineinwachsenden Parenchymzellen verstopft.

Haberlandt[1] und Molisch[1] haben ähnliche Vorgänge unter den Spaltöffnungen der Blätter von *Tradescantia guianensis* beschrieben und Molisch[1] hat sie als »thylloide Verstopfungen« bezeichnet. Später ist bei den Cactaceen[2] dieselbe Beobachtung gemacht worden. Derartige Bildungen sind als vorzügliches Mittel, die Transpiration herabzusetzen, gedeutet worden. Auch die Verstopfung der Atemhöhle von *Polygonatum* kann thylloide Verstopfung genannt werden. Sie erfolgt in erster Linie durch die Tätigkeit der Parenchymzellen; die Nebenzellen haben nur untergeordneten Anteil.

In einzelnen Fällen konnte ich bei *P. multiflorum* (Fig. 3) in der verkleinerten Atemhöhle einen Pfropf (»*o*«), der Opistialöffnung anliegend, beobachten, der Sudan und Scharlachrot speichert und seiner chemischen Natur demnach den Fetten angehören dürfte. Bei den anderen Polygonateen ist mir ein derartiger Verschluß nicht aufgefallen.

Unter nicht verholzten Spaltöffnungen ist das Gewebe interzellularreich, unter verholzten und verstopften schließt es fast lückenlos aneinander. In älteren Hügelchen (Fig. 7) reichen die Teilungen der Parenchymzellen noch mehrere Zellagen tief unter der verstopften Atemhöhle ins Gewebe hinein. Es entsteht dadurch ein sich von dem übrigen Parenchymgewebe linsenförmig abhebender Gewebekörper, welcher die verholzten Schließzellen noch stärker emporwölbt, so daß ein lenticellenähnliches Höckerchen entsteht. Indes kommt es niemals zum Aufreißen der Höckerchen (Fig. 3, 5, 6), weil sich die Epidermiszellen durch Zellteilung vermehren und sich so der Aufwölbung anpassen. Da die Epidermis des Rhizoms erhalten bleibt, bestände auch keine biologische Notwendigkeit, Lenticellen auszubilden. Die die Atemhöhle umgrenzenden Parenchymzellen sind bei eintretender Zellteilung zartwandig und farblos und geben mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion. In einem späteren

---

1 Molisch, H.: Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beob. üb. Wundheil. der Pfl. Akademie d. Wiss., Wien, Bd. 97, 14. VI. 1888.

2 Bukvic, N.: Die thylloiden Verstopf. der Spaltöffn. u. ihre Bez. zur Korkbildg. bei den Cactaceen. Öst. bot. Zeitschr. 1912, Nr. 11.

Stadium lassen sich Korkreaktionen ausführen; die Wände verseifen mit Kalilauge und speichern Sudan und Scharlachrot. In einem noch älteren Stadium geben sie dieselben Holzreaktionen wie die verholzten Schließzellen. Die Zellen sind dickwandig und bräunlich gefärbt. Im Zellumen des verholzten Korkes (Fig. 3, 7) liegen kleinere und größere Tropfen, welche Sudan und Scharlachrot speichern; es scheinen mithin Fettropfen zu sein. Vielleicht sind es solche Öltropfen,[1] die als Auswurfstoffe in alternden Organen beobachtet worden sind. Zu ihrer Überprüfung wurden auch folgende Reaktionen auf Gerbstoffe[2] ausgeführt: Eisenchlorid, Eisenvitriol, Osmiumsäure und Joachimowitz-Reagens,[3] indes ohne positives Ergebnis. Die vorhin beschriebenen Tropfen konnte ich auch im stark reduzierten Lumen der verholzten Schließzellen und in den verholzt verkorkten Zellen der Niederblattnarben beobachten.

Auch in der Flächenansicht (Fig. 9) läßt sich die stärkere Aufwölbung der Spaltöffnungshöckerchen erkennen. Die verholzten Schließzellen bilden das Zentrum. Sie sind von nachträglich abgeänderten Epidermiszellen kranzartig umgeben und weichen auch dadurch von den unverholzten Schließzellen (Fig. 2) deutlich ab. Die abgeänderten Epidermiszellen will ich ihres Aussehens und der einfacheren Bezeichnung wegen Kranzzellen nennen. Sie sind nach außen bogenförmig abgerundet, nach innen, gegen die Schließzellen zu, teilweise papillenartig vorgewölbt, so daß die Außenwände der letzteren etwas eingesenkt werden. Jüngere Stadien zeigen nur eine Kranzreihe (Fig. 8), ältere (Fig. 9) deren mehrere, konzentrisch um die Spaltöffnung angeordnet. Am äußeren Umfang des Hügels schließen sich in tieferer Lage die normalen Epidermiszellen an. Ältere Stockwerke zeigen alle Varianten von beginnender und stark fortgeschrittener Umbildung. Fig. 9 ist noch keines von den größten Höckerchen. Im Anfangsstadium speichern die Kranzzellen Scharlachrot wie die Kutikula, in älteren Stadien erhält man die Ligninreaktionen, welche mit den verholzten Schließzellen ausgeführt worden sind. Die Verholzung beschränkt sich nicht auf die Schließzellen allein, sondern erstreckt sich bei fortschreitender Höckerbildung auf die gesamten Zellen des Hügelchens.

Bezüglich der Verteilung der Höckerchen gilt dasselbe wie für die verholzten Spaltöffnungen. Sie sind auf allen Seiten des Rhizomes zu finden. Im einjährigen Stockwerke sind sehr wenige anzutreffen. Mit dem Alter des Rhizomstückes nimmt ihre Zahl zu. An älteren Rhizomstücken finden sich stark ausgebildete Höckerchen mit vielen Kranzreihen, solche mit einer Kranzreihe, verholzte Spaltöffnungen ohne Kranz und unverholzte Spaltöffnungen. Verholzung und Höckerbildung scheinen bis ins relativ späte Alter stattzufinden.

Die Verholzung der Schließzellen in Verein mit der thylloiden Verstopfung setzt die Spaltöffnungen außer Funktion. Es fragt sich nun, soll durch diese Einrichtung die Transpiration des Rhizomes an diesen Stellen ausgeschaltet werden oder ist sie ein Schutzwall gegen eindringende Pilze?

Sehr vereinzelt konnte ich auch bei *Convallaria majalis* Kranzbildung mit ein bis zwei Reihen um jene schon beschriebenen, vermutlich nekrotischen Schließzellen beobachten.

Außer diesen Schließzellenhöckerchen treten bei den Polygonateen auch Höckerchen auf, die von keinen Spaltöffnungen gekrönt werden. Sie ähneln ansonsten den ersteren im Bau, sowohl im Flächen- als auch im Querschnitt und zeigen das

---

1 Molisch, H., Mikrochemie, l. c., p. 344 bis 345.

2 Molisch, H., Mikrochemie, l. c., p. 154 bis 159.

3 Joachimowitz, M., l. c.

gleiche chemische Verhalten. Sie bestehen mithin auch aus später verholzenden Kranzzellen und darunterliegenden verholzenden Korkzellen. Sie treten nur an älteren Rhizomabschnitten, zwar nicht regelmäßig, aber ziemlich häufig auf und scheinen kleinen Wundausheilungen zu entsprechen. Beide Arten von Höcker fallen schon unter schwacher Lupenvergrößerung als Wärzchen ins Auge.

Spaltöffnungsfreie Höcker konnte ich auch an älteren Rhizomteilen von *Convallaria majalis* beobachten. Im Lumen der Zellen finden sich in der Regel jene gelben oder roten Sekretmassen, von denen schon mehrmals die Rede war.

3. Die Änderungen des Diameters.

Der Diameter des Querschnittes in den aufeinanderfolgenden Stockwerken einer Rhizomkette weist oft große Unterschiede auf. Auf mehrere schwache Stockwerke folgen oft besonders starke. Zwischen kräftige Stockwerke erscheint ein auffallend schwaches eingeschaltet. Bei vielen Exemplaren sind die ältesten Stockwerke bedeutend schwächer als die jüngeren. Es fragt sich nun, waren die schwächeren Stockwerke immer schwächer oder sind sie erst nachträglich durch Reservestoffabgabe so geworden? Ferner, ist das Dicker- oder Dünnersein eines Stockwerkes von der Anzahl der Zellen oder den Zelldimensionen abhängig? Ich habe deshalb unter dem Mikroskop mit Hilfe eines Meßtisches Zählungen und Messungen vorgenommen und auf diese Weise untersucht: *Polygonatum multiflorum, P. officinale, P. latifolium, P. verticillatum, Paris quadrifolia* und *Asarum europaeum*. Bei *Anthericum ramosum* wurde das Verfahren unterlassen, weil die geringe Längsausdehnung der Stockwerke und die stark wechselnden Durchmesser infolge der kugeligen Gestalt der Rhizomabschnitte die Herstellung von Schnittserien einander entsprechender Zonen unmöglich machten.

Bei den aufgezählten Pflanzen hat es sich gezeigt, daß einem größeren Diameter im allgemeinen eine größere Zellenzahl entspricht und umgekehrt. Ein größerer Querschnitt weist auch im allgemeinen größere Zelldimensionen auf. Der Diameter des Querschnittes ist mithin von der Anzahl der Zellen und den Zelldimensionen abhängig, doch so, daß der erste Faktor in der Regel überwiegt. Aus der prallen Beschaffenheit der Zellwände, meist bis ins älteste Stockwerk, kann man schließen, daß sich die ursprünglichen Zelldimensionen nicht oder kaum geändert haben. Folglich dürften sich auch die Diameter der Querschnitte nicht oder kaum geändert haben. Bloß das älteste und zuweilen auch das sich diesem anschließende Stockwerk zeigen bei manchen Exemplaren etwas schlaffe Zellwände, sodaß hier eine geringe nachträgliche Herabsetzung der Dimensionen in Betracht gezogen werden muß.

Die rein makroskopische Betrachtung hat ferner ergeben, daß drei Entwicklungsformen unterschieden werden können: Erstens Sproßketten, die trotz aller Schwankungen des Diameters in den einzelnen Stockwerken eine Zunahme der Dimensionen in der

Wachstumsrichtung gegenüber den älteren Jahrgängen aufweisen, zweitens solche, die, von kleineren Schwankungen abgesehen, im allgemeinen stagnieren, und drittens Sproßketten, die in ihren älteren Teilen auffallend kräftiger sind als in ihren jüngeren Abschnitten und mithin den Eindruck der Degeneration erwecken. Die unregelmäßigen Schwankungen, die an den meisten Rhizomketten zu beobachten sind, scheinen der Ausdruck wechselnder Ernährungsbedingungen zu sein.

4. Sekundäres Dickenwachstum.

Nach den Ausführungen von Loew und Kirchner[1] befindet sich um den Zentralzylinder des Rhizomes von *Anthericum ramosum* eine deutlich entwickelte Endodermis mit verdickten Seiten- und Innenwänden. In manchen Quer- und allen Längsschnitten habe ich auf kürzere oder längere Strecken derart gestaltete Zellen gefunden. Ihnen gegenüber stehen andere Querschnitte, wo nicht die Spur von derartigen Endodermiszellen zu sehen ist. An der bezeichneten Stelle konnte ich hingegen auf kürzere oder längere Strecken eine meristemartige Teilungszone beobachten. Fig. 10 stellt eine Querschnittspartie von einem sechsjährigen Rhizomstück von *Anthericum ramosum* dar. Mit »*m*« ist die meristemähnliche Teilungszone bezeichnet. Frisches Material eignet sich zur Beobachtung besser als Alkoholmaterial. Ich konnte Teilungszonen auf kürzere oder längere Strecken selbst an einem fünfzehnjährigen Stockwerk noch deutlich erkennen. Durch die Teilungstätigkeit entstehen Rindenzellen, die zunächst tangential gestreckt sind, peripheriewärts isodiametrisch werden. Dieses sekundäre Dickenwachstum der Rinde steht offensichtlich in Zusammenhang mit der Peridermtätigkeit. Loew und Kirchner[1] berichten bloß, daß abwechselnde Lagen von Kork und verholztem Parenchym die äußeren Schutzschichten darstellen. Ich konnte am jüngsten Stockwerk im Frühsommer stellenweise noch einfache Epidermis feststellen, stellenweise Periderm knapp unter der Epidermis. Im Herbste zeigten die jüngsten Stockwerke ringsum eine Peridermzone; zuweilen ist stellenweise eine zweite Peridermzone angelegt. In vorjährigen Stockwerken sind meist zwei Peridermzonen ausgebildet. Ältere Stockwerke zeigen stets mehrere Peridermzonen, die jede Teile der Rinde nach außen abschneiden. Die abgestorbenen Rindenteile lösen sich leicht los, weshalb man die Peridermtätigkeit schwer verfolgen kann. Dort, wo Wurzeln abzweigen, halten sich die Peridermzonen etwas länger. Doch scheint der Tätigkeit des Periderms und Meristems nach einiger Zeit eine Grenze gesetzt zu sein, weil das Rindenparenchym in älteren Stockwerken auffallend schmal ist.

---

[1] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 14. Lief., p. 310 bis 317.

An der Innenseite meristematischer Zonen macht es, allerdings sehr vereinzelt, den Eindruck, als ob ein neues Gefäßbündel angelegt würde. Fig. 10 zeigt ein neu angelegtes Gefäßbündel »*g*« und ein älteres »*G*«. Das Meristem am Umfange des Zentralzylinders hat also die Fähigkeit, nach außen Rindenparenchymzellen und, wie es scheint, nach innen, wenn auch äußerst sporadisch, neue Gefäßbündel zu entwickeln, welche den vorhandenen aufgelagert werden. Es scheint wenigstens potentiell sekundäres Dickenwachstum in zentripetaler und zentrifugaler Richtung zu bestehen. Das Rhizom von *Anthericum ramosum* wäre somit ein neuer Fall von sekundärem Dickenwachstum unter den Monokotylen. Bei den Familien der Dracaeneen, Yucceen, Aloineen, Dioscoreaceen, bei *Cordyline* und *Aletris* ist ausgiebiges Dickenwachstum[1] bekannt. Mougin[2] hat in bestimmten Rhizompartien von *Convallaria majalis* eine sekundäre Zuwachszone entdeckt, die zentrale und periphere Zellgewebe, Gefäßbündel etc. entwickelt. Bei meinen Untersuchungen des Rhizomes von *Convallaria majalis* im Anschlusse an *Anthericum* habe ich auch den Eindruck eines derartig bestehenden Verhaltens gehabt, ohne von dieser Arbeit zu jenem Zeitpunkte noch Kenntnis zu haben.

Die Endodermis taucht im Rhizom von *Anthericum ramosum* dort auf, wo Wurzelabzweigungen getroffen werden. Mir macht es den Eindruck, daß die Endodermis der Wurzel angehört, deren Achsenzylinder bis zum Achsenzylinder des Rhizomes begleitet und sich noch auf eine kürzere oder längere Strecke zwischen Achsenzylinder und Rinde des Rhizomes einschiebt. Auf diese Weise erfährt das Wurzelgewebe eine scharfe seitliche Abgrenzung gegen das Rhizomgewebe. Zweigen in ungefähr gleicher Höhe zwei oder mehrere Wurzeln ab, so kann man den Eindruck einer Rhizomendodermis gewinnen, die durch die Zentralzylinder der Wurzeln eine Unterbrechung erfährt. Manche Rhizomquerschnitte zeigen auf kürzere oder längere Strecken Endodermiszellen, obwohl von Wurzelabzweigungen nichts zu sehen ist. Ich glaube, daß in diesem Falle Wurzelregionen gestreift worden sind.

Von *Asarum europaeum*[3] ist bekannt, daß im Rhizom stellenweise interfaszikuläres Kambium auftritt, welches zusammen mit dem Faszikularkambium ein sekundäres Dickenwachstum in sehr beschränktem Maße verursacht. Das ist nichts Absonderliches, da *Asarum* eine dikotyle Pflanze ist und bei diesen nach den Untersuchungen Hollsteins[4] das sekundäre Dickenwachstum im Rhizom eine häufige Erscheinung ist. *Anemone ranunculoides* zeigt trotz seiner Zugehörigkeit zu den Dikotylen kein nachträgliches Dickenwachstum.

---

[1] Haberlandt, G., Physiol. Pflanzenanatomie. 5. Aufl., Leipzig 1918, p. 608 und 641.

[2] Mougin, N., Note sur la zone d'accroissement du *Convallaria majalis*. Bot. Zentralbl., 39. Bd., p. 194.

[3] Kofler, L., *Asarum europaeum*. Pharmazeut. Zentralhalle f. Deutschl., p. 59. Nr. 42.

[4] Hollstein, O., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Stengel u. Rhizome von dikot. Alpenpfl. Just's Bot. Jahresber., 35. Jg., I. Bd., p. 126.

C. Nebenbeobachtungen.

1. Kutikulare Verdickungen.

In den Flächenschnitten der Rhizome von *Polygonatum officinale* (Fig. 11) fallen zwischen den Epidermiszellen eigenartige Gebilde (*c*) auf, welche an Siebröhren oder Kalloseplatten erinnern. An Quer- (Fig. 12, *c*) und Längsschnitten entsprechen ihnen mehr oder weniger zwischen zwei Epidermiszellen vorspringende Zapfen, die oft die gegenüberliegende Zellwand erreichen.

Bei Behandlung mit Chlorzinkjod wird bloß der schmale Außenrand der Zapfen violett, der Mittelteil färbt sich kräftig gelb. Anilinblau wird nicht gespeichert, Jodlösung und Schwefelsäure rufen keine Blaufärbung hervor. Die ausgeführten Kutinreaktionen: Verseifung mit Kalilauge, Einlegen in Sudanglyzerin und in Schiffsches Reagens [1] treten positiv und auf gleiche Weise in der Kutikula, in den Einlagerungen der Flächenschnitte und in den ihnen entsprechenden Zapfen ein. Die fraglichen Gebilde sind mithin Kutineinlagerungen. Sie treten bei Anwendung zelluloseangreifender Reagenzien schärfer hervor, so bei Behandlung mit Salzsäure. Chromschwefelsäure, Kupferoxydammoniak und Eau de Javelle.

Die Kutikularverdickungen treten auf allen Seiten des Rhizomes auf. Sie sind schon am jüngsten Stockwerk mit dem oberirdischen Trieb für das nächste Jahr zu sehen. Die Verteilung ist keine gleichmäßige; daher ist es auch schwer festzustellen, ob mit dem Alter eine Zunahme der Anzahl erfolgt. Manche Stellen der Epidermis scheinen damit übersät, andere zeigen sie spärlicher, ohne daß eine Regel herauszufinden wäre. Oft macht es den Eindruck, als ob sich die Verdickungen gerne um Spaltöffnungen und auf einer Seite der Niederblattnarben gruppierten; andere Schnitte lassen diese Abhängigkeit nicht erkennen. Auf Flächenschnitten sieht man in die Zellwand auch kleinere Kutinmassen eingelagert, die wie Täfelchen erscheinen und durch Größenvariationen alle Übergänge zu den großen Verdickungen in Fig. 11 zeigen. Bei *Polygonatum multiflorum* und *verticillatum* sind diese Verdickungen an Flächenschnitten ebenfalls verhältnismäßig häufig zu sehen, bei *P. latifolium* dagegen ist ihre Zahl geringer. An Querschnitten sind die entsprechenden Kutikularzapfen bei *P. multiflorum* und *P. latifolium* keineswegs auffallend; nur *P. verticillatum* zeigt vereinzelt so weit vorspringende Zapfen wie *P. officinale*.

Ähnliche Verdickungen sind mir auch an den Flächen-, nicht aber auch an den Querschnitten von *Convallaria majalis* aufgefallen. Vereinzelt konnte ich auch an Querschnitten von *Paris quadrifolia* kutikulare Vorsprünge beobachten; es macht mir den Eindruck, als ob sie hier mit der Ausheilung benachbarter Verletzungen im Zusammenhang stünden.

---

[1] Molisch, H., Mikrochemie, 1. c., p. 312

2. Verschiedene Beobachtungen.

Bernátsky[1] macht darauf aufmerksam, daß die einheimischen Polygonateen auf Grund ihrer morphologisch und anatomisch abweichenden Rhizome bestimmt werden können. Mir sind noch einige anatomische Unterscheidungsmerkmale aufgefallen, die ich in dieser Arbeit nicht vermerkt finde. Zunächst verweise ich auf die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Kutikularzapfen, die nicht bei allen übereinstimmend ausgebildet sind. Einen weiteren Unterschied zeigen die Raphidenschleimzellen. Bei *P. verticillatum* sind sie, im Querschnitt betrachtet, kaum größer als die Parenchymzellen. Die übrigen Polygonateen haben auffallend größere Raphidenschleimzellen. Bei *P. officinale* sind sie besonders zahlreich; auch stoßen in der Regel zwei bis drei aneinander. Die eingelagerten Raphidenbündel sind verhältnismäßig kurz. *P. multiflorum* hat von allen die längsten Raphiden. Entgegen den Behauptungen Bernátsky's,[2] daß *P. verticillatum* das schwächste Rhizom aufzuweisen habe, fand ich, daß das schwächste Rhizom *P. latifolium* zukomme. Bei *P. verticillatum* habe ich Diameter gefunden, welche diejenigen von *P. officinale* übertreffen.

Bei den heimischen Polygonateen treten am Rhizom vereinzelt Zwillingsspaltöffnungen auf. Besonders häufig konnte ich diese Beobachtung bei *P. latifolium* machen. Die paarigen Schließzellen können auch verholzen. Zuweilen ist nur eine von beiden verholzt, zuweilen auch beide. Bemerkenswert erscheint mir auch das nicht allzu seltene Vorkommen von unsymmetrischen Schließzellen; eine Hälfte ist auffallend kleiner wie die andere. Auch bei nachträglicher Verholzung ist diese Asymmetrie noch sichtbar (Fig. 9).

Loew und Kirchner[3] sprechen von sphärokrystallinischen Niederschlagsprodukten im Rhizom vom *Anthericum*. Aus dem Parenchym dünner Schnitte von Alkoholmaterial fallen nach meinen Beobachtungen diese Massen leicht heraus, bleiben aber in den innersten Peridermzellen eingeschlossen und bieten dann dem Auge ein Bild, das an Wurzelknöllchenbakterien der Leguminosen erinnert. Es kann sich aber bloß um Niederschlagsprodukte handeln, weil Kalilauge, Salzsäure, Schwefelsäure u. a. Lösung bewirken und frisches Material diese Erscheinung niemals zeigt.

---

[1] Bernátsky, J., Systemat. Anatomie der Polygonateen. Beibl. zu den »Növénytani Közlemények«. Bd. 5, 1906, p. 23 bis 29.

[2] Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgesch. d. Blütenpfl., l. c., 21. Lief., p. 658.

[3] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 14. Lief., p. 310 bis 317.

III. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit sollte gezeigt werden, wie alt die Stockwerke in einem einzelnen Rhizom bei verschiedenen Pflanzen werden können. Dabei ergaben sich auch interessante anatomische Beobachtungen, die hier kurz zusammengefaßt werden sollen:

1. Das Alter, welches das Stockwerk eines Rhizomes im günstigsten Falle erreichen kann, beträgt für

Polygonatum multiflorum	20	Jahre
» *officinale*	16	»
» *latifolium*	8	»
» *verticillatum*	17	»
Anthericum ramosum	17	»
Paris quadrifolia	17	»
Asarum europaeum	14	»
Anemone ranunculoides	7	»

2. Bei den untersuchten Rhizomen konnten mit der Alterszunahme folgende sekundäre Veränderungen festgestellt werden:

a) In der Regel färbt sich die Kutikula dunkler. Einzelne oder ganze Gruppen von Epidermiszellen degenerieren. In vielen Epidermiszellen von *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* treten mit dem Alter Sekrettropfen auf.

b) Die Spaltöffnungen am Rhizom der untersuchten Polygonateen erleiden merkwürdige Veränderungen:

α. Der Vorhof der Spaltöffnungen — zuweilen auch der Hinterhof — wird durch einen Pfropfen verstopft, der gegen Reagentien auffallend resistent ist.

β. Ein Teil der Spaltöffnungen verholzt nachträglich. Die verholzten Schließzellen unterscheiden sich von den unverändert bleibenden auch durch ein engeres Lumen, bedeutend dickere Wände und Stärkemangel, so daß von einem Dimorphismus der Spaltöffnungen gesprochen werden kann. Bei *Convallaria majalis* kommt es in einigen Schließzellen zu Verdickungen, aber ohne Ausbildung von Lignin.

γ. Unter den verholzten Spaltöffnungen verschwindet die Atemhöhle durch thylloide Verstopfung. Durch diese wird das Spaltöffnungshügelchen noch stärker emporgewölbt. Bei den Polygonateen und *Convallaria majalis* treten auch Höckerchen ohne Spaltöffnungen auf.

c) In den ältesten Stockwerken von *Polygonatum latifolium* entsteht fast regelmäßig ein zentraler Hohlgang.

d) Das Rhizom von *Anthericum ramosum* scheint zu sekundärem Dickenwachstum fähig zu sein.

Die Endodermis der Wurzel dringt bis zum Achsenzylinder des Rhizomes vor und begleitet diesen noch auf eine kürzere oder längere Strecke, so daß sie den Eindruck einer Rhizomendodermis vortäuscht.

3. Die Dimensionen der Stockwerke eines Rhizomes ändern sich im allgemeinen nachträglich nicht. Die benachbarten Stockwerke zeigen oft auffallende Größenunterschiede. Der Diameter des Rhizomquerschnittes hängt in erster Linie von der Anzahl der Zellen und erst in zweiter Linie von den Zellgrößen ab. Man kann Rhizome unterscheiden, die gegen die Sproßspitze dicker, solche, die schwächer werden und endlich solche, die ihre Dimensionen nahezu beibehalten.

4. Bei den Polygonateen kommen auffallende kutikulare Verdickungen vor, die bei *P. officinale* und *P. verticillatum* im Querschnitt als weit vorspringende Zapfen erscheinen.

Zum Schlusse gereicht es mir zur angenehmen Pflicht, Herrn Hofrat Molisch für die Anregung zu dieser Arbeit und die andauernde Förderung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Tafelerklärung.

Fig. 1, 5, 6, 7. Querschnitte durch Rhizomspaltöffnungen von *Polygonatum verticillatum*. a = Atemhöhle, p = Ausfüllungsmasse, o = Fetttropfen, t und t_1 = thylloide Zellen.

Fig. 2, 8, 9. Rhizomflächenschnitte mit Spaltöffnungen von *Polygonatum verticillatum*. p = Pfropfen.

Fig. 3, 4. Querschnitte durch eine Rhizomspaltöffnung von *Polygonatum multiflorum*. a = Atemhöhle, p und p_1 = Ausfüllungsmasse, o = Fetttropfen.

Fig. 10. Partie aus dem Rhizomquerschnitt durch *Anthericum ramosum*. G und g = Gefäßbündel, m = Meristem.

Fig. 11. Epidermis des Rhizomes von *Polygonatum officinale* im Flächenschnitt. c = Kutineinlagerung.

Fig. 12. Epidermis des Rhizomes von *P. officinale* im Querschnitt. c = Kutinzapfen.

Fig. 1, 12 etwa 240fach, Fig. 11 etwa 200fach, Fig. 7 etwa 150fach und Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 etwa 260fach vergrößert.

Flamm E.: Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome.

